

Fernández, T., Delgado, J., Cardenal, F.J., Jiménez, J., el Hamdouni, R., Irigaray, C. y Chacón, J. (2010): Análisis de riesgos naturales a partir de Infraestructuras de Datos Espaciales. En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 1.251-1.267. ISBN: 978-84-472-1294-1

## ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES A PARTIR DE INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES

Tomás Fernández<sup>1</sup>, Jorge Delgado<sup>1</sup>, F. Javier Cardenal<sup>1</sup>, Jorge Jiménez<sup>2</sup>, Rachid el Hamdouni<sup>2</sup>, Clemente Irigaray<sup>2</sup> y José Chacón<sup>2</sup>

(1) Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría. Escuela Politécnica Superior de Jaén. Campus de las Lagunillas s/n, Edificio A-3. Universidad de Jaén. 23071 Jaén. [tfernan@ujaen.es](mailto:tfernan@ujaen.es), [jdelgado@ujaen.es](mailto:jdelgado@ujaen.es), [jcardena@ujaen.es](mailto:jcardena@ujaen.es).

(2) Departamento de Ingeniería Civil. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Campus de Fuentenueva, s/n. Universidad de Granada. 18071 Granada. [jp@ugr.es](mailto:jp@ugr.es), [clemente@ugr.es](mailto:clemente@ugr.es), [jchacon@ugr.es](mailto:jchacon@ugr.es)

### RESUMEN

El análisis de riesgos naturales se basa en la superposición de capas de información de distinta procedencia que dan lugar a mapas o modelos de distinto nivel (susceptibilidad, peligrosidad, exposición, vulnerabilidad o riesgo), dependiendo de los datos utilizados o disponibles. Así, los análisis de riesgos naturales experimentaron un importante desarrollo con la aparición y la generalización del uso de los Sistemas de Información Geográfica. Por ello, las Infraestructuras de Datos Espaciales como ampliación del concepto de SIG suponen un nuevo empujón en el análisis de riesgos en varios sentidos, como la propia disponibilidad de los datos en la red, la generación de capas de información ambiental por el impulso de directivas como INSPIRE o las IDE nacionales y la presencia de metadatos que permiten informar a su vez de la calidad de los datos de partida y garantizar la fiabilidad de los análisis. En este trabajo se discuten estas cuestiones y se examina la posibilidad de hacer mapas de riesgo a partir de los datos existentes en las distintas IDE y bases de datos disponibles en la red (IDE-E, Catastro, IDE-CCAA, IGME, REDIAM, AEM, INE, etc.). La conclusión preliminar es que en España existen una buena variedad y calidad de datos básicos y temáticos relacionados con los riesgos naturales; sin embargo, la mayor parte de los mismos se encuentra en servicios WMS, haciéndose necesario una mayor disponibilidad de datos en servicios WFS y WCS para abordar con garantías estos análisis.

Palabras Clave: análisis, riesgos naturales, infraestructuras de datos espaciales, información geográfica.

### ABSTRACT

*Natural hazard and risks analyses are based in the overlapping of geographical information layers to produce different level maps (susceptibility, hazard, elements at risk, vulnerability and risk), depending on the used or available data. In this way, natural hazard analyses had got a great development with the rise and use of Geographical Information Systems. Because of it, Spatial Data Infrastructures, as an extended concept of GIS, are a new step in natural hazard analyses in various ways, such as the availability of web data, the production of environmental information layers by means of INSPIRE initiative and national IDEs and the presence of metadata, to inform of data quality and analysis reliability. In this work, we discuss these questions and we study the possibility to make natural risk maps from SDI and web databases (Spanish SDI, Cadastral, Regional Governments, Geological Institute, Andalusian Environmental Network, Meteorological Agency and Statistical Institute SDI). The first conclusion is the variety and quality of basic and thematic data related to natural hazards in Spain; however, most of*

*them are in web map services (WMS, being necessary to have data in web files and web cobertures services (WFS and WCS) to make the analysis with a great guarantee.*

*Key Words: analysis, natural hazards, spatial data infrastructures, geographical information.*

## INTRODUCCION

Los riesgos naturales constituyen un hecho a tener en cuenta de forma creciente en el mundo globalizado, ya que, según datos aproximados, en el siglo XX se estima un número superior a los 4,5 millones de víctimas y 200 millones de afectados por los riesgos naturales (Ayala y Olcina, 2002) y unas pérdidas económicas incalculables (tan sólo en España en un periodo de 30 años se prevén unas pérdidas de entre 30 y 50 mil millones de euros).

Por riesgo natural se entiende, de forma general, la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectado por un fenómeno natural de rango extraordinario (Olcina y Ayala, 2002). Según esta definición, para que se pueda hablar de riesgo es necesario no sólo que se produzca un proceso potencialmente dañino –un peligro- por su intensidad o severidad, sino que además haya algún elemento humano o material que esté amenazado por dicho proceso.

De forma técnica el riesgo natural se define como el daño o pérdida esperable a consecuencia de la acción de un peligro sobre un bien a preservar, sea la vida humana, los bienes económicos o el entorno natural. A partir de esta definición se desprende que el riesgo se puede y debe evaluar y, además, que se puede hacer de forma cuantitativa, a partir de la evaluación de sus componentes. Esta evaluación parte de la fórmula general del riesgo (Varnes, 1984), adoptada por la UNDR0 (United Nations Disaster Relief Organization):

$$R=P_i*E_i*V_i$$

donde R es el riesgo, P la peligrosidad, E la exposición y V la vulnerabilidad. La expresión de la fórmula del riesgo es una sumatoria o integral, según la cual aparece otro concepto, el de riesgo específico, como el asociado a un riesgo y bien determinado ( $P_i * E_i * V_i$ ), frente al riesgo total como la sumatoria de todos los riesgos específicos.

El análisis de riesgos naturales se basa en la superposición de capas de información de distinta procedencia que dan lugar a mapas o modelos de distinto nivel (susceptibilidad, peligrosidad, exposición, vulnerabilidad o riesgo), dependiendo de la información utilizada o disponible. En este sentido, su análisis y modelización se lleva a cabo hoy día de forma necesaria mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica y por extensión de Infraestructuras de Datos Espaciales, que permiten que la información necesaria para estos estudios esté disponible de una forma fiable en la red.

## EL ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES

El riesgo se ha de evaluar en distintos aspectos (Olcina y Ayala, 2002; Ministerio Vivienda Perú, 2007): en primer lugar hay que considerar el riesgo humano o social (Moral y Pita, 2002), que se estima en términos de vidas humanas perdidas, aunque también se han de tener en cuenta los damnificados física (heridos) y psicológicamente; en segundo lugar, se ha de cuantificar en términos económicos como el total de las pérdidas económicas esperadas debidas a los peligros o amenazas (González, 1988; Ayala et al., 2004); y, en tercer lugar, hay que evaluar el riesgo ambiental, es decir, el impacto sobre el entorno natural. Aunque es deseable realizar estimaciones cuantitativas, también es posible hacer caracterizaciones cualitativas del riesgo.

El análisis y la estimación del riesgo, así como sus diferentes niveles y factores tiene, además del interés científico intrínseco, la evidente finalidad de evitar o al menos mitigar los daños producidos por los procesos de riesgo, lo que se conoce como gestión del riesgo (Ayala, 2002). La prevención que supone disponerse o prepararse con anticipación ante un hecho, en este caso se define como el conjunto de acciones para mitigar o eliminar el riesgo y preparación para la acción post-desastre. Implica una cierta predicción –definición del lugar, el momento y la magnitud y tipo de proceso que se va a desarrollar- y previsión –anticipar las consecuencias que conllevará el proceso y, en consecuencia, las actuaciones a realizar (García, 1988).

El primer nivel del riesgos, la peligrosidad, se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente generador de riesgo, con una severidad dada, en un lugar y periodo de tiempo determinados. Para establecer de forma precisa la probabilidad hay que manejar algunos conceptos como la severidad (Olcina y Ayala, 2002) o intensidad del fenómeno (que es inversamente proporcional a la probabilidad), el periodo de retorno (número de años considerados para la evaluación) o la probabilidad anual (inversamente proporcional al periodo de

retorno) de excedencia (superación de una intensidad dada). Un concepto importante, aunque de menor nivel, es el de susceptibilidad o probabilidad espacial del territorio (Brabb, 1984), que muchas veces es todo lo que se puede determinar en relación con los datos disponibles.

La exposición es el conjunto de bienes (humanos y materiales) a preservar que pueden ser dañados por la acción de un peligro, por lo que también se conocen como elementos en riesgo. Incluye no sólo el hecho de la propia exposición de los bienes por su ubicación espacio-temporal, sino la valoración de los mismos en los distintos términos considerados, no sólo económica, sino también social y ambiental.

La vulnerabilidad es el grado de pérdidas esperado de un determinado bien expuesto por la acción de un peligro de una determinada intensidad. Depende, por lo tanto, de la severidad, pero también de las medidas de protección que se hayan tomado.

La gestión del riesgo implica la materialización de una serie de medidas mitigadoras que se dividen en dos grandes grupos, las estructurales y las no estructurales, y que actúan sobre los distintos componentes del riesgo (Ayala, 2000; 2002). Las medidas destinadas a reducir la peligrosidad son siempre pre-proceso, y en general de carácter estructural y bastante limitadas. Sin embargo, el simple conocimiento de la peligrosidad o, en su defecto, la susceptibilidad del terreno a un determinado proceso, puede ser suficiente para implementar medidas que disminuyan las otras componentes del riesgo, esto es, la vulnerabilidad y la exposición. Las destinadas a la minoración de la exposición se basan generalmente en la planificación y ordenación territorial (a su vez retroalimentada por la peligrosidad y la vulnerabilidad), en la Protección Civil (evitación temporal de la exposición en el momento del desastre), así como en medidas estructurales (obras de contención, encauzamientos de ríos, etc.). Por su parte, la valoración de la exposición es de gran utilidad a la hora de sensibilizar a la sociedad y los cargos políticos, así como de establecer una adecuada política de seguros. Finalmente, la reducción de la vulnerabilidad es generalmente pre-proceso y de carácter estructural (ejecución de proyectos ajustados a la norma sismorresistente), aunque en algunos casos relacionados con las personas pueden ser no estructurales (educativos) e incluso post-proceso (planes de evacuación, Protección Civil, etc.); son interesantes, asimismo, las que pretenden mejorar la resiliencia o capacidad de un sistema de adaptarse a un amenaza, haciéndose menos vulnerable, algo, que por desgracia es bastante difícil en países no desarrollados (EIRD, 2005).

Por todo lo anterior, la cartografía de riesgos naturales se considera una de las herramientas más eficaces para la mitigación del riesgo, puesto que pone en evidencia con gran claridad las zonas donde se localizan determinados elementos en riesgo amenazados por algún peligro, sirviendo de base al resto de medidas, como la ordenación del territorio, la gestión del post-desastre o incluso la colocación de medidas estructurales. En este sentido, y aunque se trata de medidas pre-desastre, no estructural y principalmente anti-exposición, también actúan de forma indirecta en la reducción de la vulnerabilidad e incluso la propia peligrosidad en el pre y en el post-desastre. Dentro de las cartografías de riesgo hay varios niveles, cada uno de los cuales es importante en su prevención, aunque la evaluación final del riesgo de acuerdo a la ecuación general es la que proporciona la información más integrada y completa y, en consecuencia, es a lo que se debe apuntar.

En la figura 1 se muestran las distintas cartografías de riesgo aplicadas a los movimientos de ladera (Chacón et al, 1992).

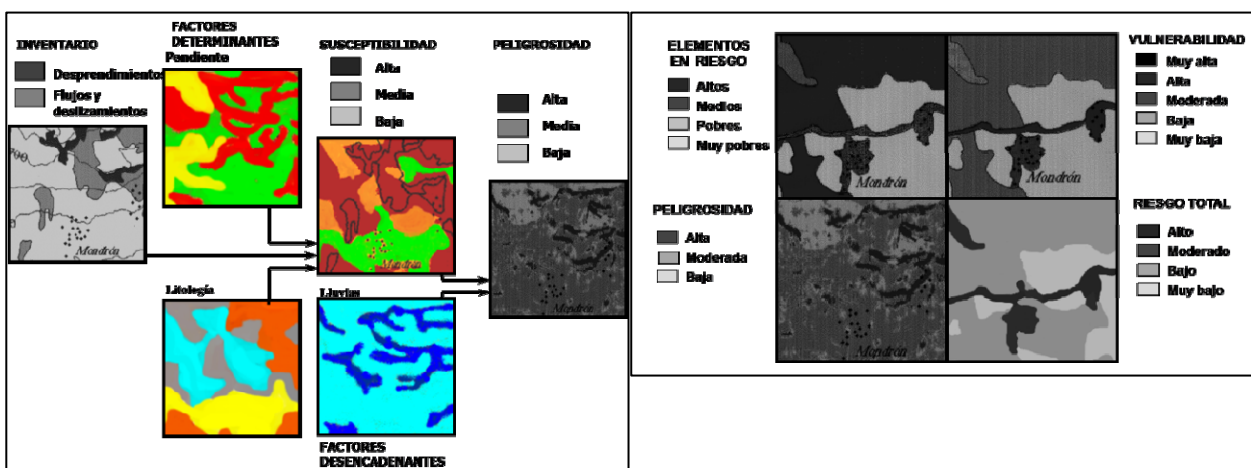


Figura 1. Flujo de trabajo en el análisis de riesgos naturales (tomada de Chacón et al., 1992).

En los análisis de riesgos, la mayor parte de la investigación ha sido dirigida hasta ahora hacia el factor peligrosidad en relación con los distintos tipos de riesgos (geológicos, climáticos, biológicos, tecnológicos, etc.), la cual ha sido llevada a cabo por especialistas de distintas ramas del conocimiento. En cuanto a la vulnerabilidad, hay también estudios muy centrados, no obstante, en determinados tipos de fenómenos como el sísmico, y bienes como las edificaciones y otras estructuras. En el caso de la exposición y su valoración, el número de estudios es menor y se limitan en la mayor parte de los casos a definiciones teóricas, estudios globales o aproximaciones cualitativas, sobre todo de la estimación económica (González, 1988).

Como se indicó previamente, el análisis de riesgos naturales se basa en la superposición de capas de información de distinta procedencia que dan lugar a mapas o modelos de distinto nivel (susceptibilidad, peligrosidad, exposición, vulnerabilidad o riesgo). Los mapas de susceptibilidad o probabilidad espacial se obtienen a partir del análisis de los factores determinantes (MDT, geología, suelos, vegetación, hidrografía, clima, etc.), junto con el inventario de los fenómenos previos. Con datos sobre la frecuencia de los eventos pasados o de sus factores activadores, se puede determinar la peligrosidad o probabilidad espacio-temporal. A este respecto, la información es amplia, multiescalar y de calidad. La exposición al riesgo se obtiene mediante el inventario de elementos (personas y bienes materiales) que pueden ser afectados por un proceso de riesgo, recogidos en mapas generales (infraestructuras, construcciones, edificaciones, comunicaciones) o temáticos (población, actividad económica, etc.). En términos cuantitativos, la valoración de los elementos en riesgo se puede obtener a partir de fuentes de información de gran disponibilidad, como el catastro y la valoración inmobiliaria, o de menor disponibilidad como las tasaciones, agencias aseguradoras, etc. La vulnerabilidad, definida como el grado de afectación de un determinado elemento en riesgo ante la ocurrencia de un fenómeno de una determinada magnitud, se estima a partir la evaluación realizada por profesionales de la ingeniería, la salud u otros, siendo la información más escasa, aunque hay ejemplos notables como la norma sismorresistente. Por último, la determinación del riesgo como producto de la peligrosidad por la exposición y la vulnerabilidad, también responde a operaciones de superposición de distintas capas de información.

Así, los análisis de riesgos naturales experimentaron un importante auge con la aparición y la generalización en el uso de los SIG (Laín, 1999), y la extensión de esta herramienta a la red, las IDE. Esto es lo que se examina en este trabajo, a partir de las distintas IDE y bases de datos disponibles en la red (IDE-E, Catastro, IDE-CCAA, IGME, REDIAM, AEM, INE, etc.).

## **RIESGOS NATURALES, SIG, IDE Y SERVICIOS**

Hasta el presente la cartografía de riesgos naturales, la cartografía medioambiental y, en general, la cartografía temática se ha ido desarrollando a base de iniciativas aisladas y en muchos casos, salvo excepciones como la cartografía geológica, la de cultivos y aprovechamientos o los datos de tipo climático y socioeconómico, respondiendo a trabajos particulares (investigación, proyectos, etc.).

La aparición de los SIG en los años 60, pero sobre todo, su utilización extensiva a partir de los años 80 y 90, supuso un fuerte empujón a la cartografía temática y medioambiental, ya que proporcionó herramientas para el análisis y modelización de los datos que anteriormente estaban bastante limitadas. La estructuración de los datos en capas y su interacción en los SIG realmente supusieron una auténtica revolución en las capacidades y posibilidades de este tipo de cartografías.

No obstante, es el surgimiento de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), prácticamente con el nuevo siglo, la que enfatiza de forma concluyente la importancia de los datos y cartografías medioambientales y las pone en relación con las cartografías básicas o generales. Iniciativas como la INSPIRE a nivel europeo, la IDE-E e IDEAGE a nivel nacional o las distintas IDE a nivel autonómico o local ponen de manifiesto la importancia de la IG en la sociedad actual y establecen las políticas, tecnologías y normas para poner en marcha las IDE, que están integrando de una forma coherente la información geográfica de distinta temática. Dentro de esta información y de las cartografías que surgen a partir de ella, la de riesgos naturales es de gran relevancia.

De esta manera, las IDE suponen un nuevo empujón en el análisis de riesgos en varios sentidos, como la propia disponibilidad de los datos en la red, el impulso que suponen directivas como INSPIRE o las IDE nacionales a nuevos conjuntos de información como los riesgos naturales y la presencia de metadatos que permiten informar a su vez de la calidad de los datos de partida, y por lo tanto, de la fiabilidad de los análisis.

Capa	Escala	Tipo	Origen	Ministerio
Atlas virtual de aves terrestres de España		WMS/WFS		
Sistema Información plantas de España (anthos)		WMA	CSIC	
Mapa de edades de España	1:1M	WMS		
Mapa de litologías de España	1:1M	WMS		
Mapa de movimientos del terreno de España	1:1M	WMS		
Mapa de permeabilidades de España	1:1M/1:200K	WMS		
Mapa del karst de España	1:1M	WMS	IGME	Ciencia e Innovación
Mapa geológico de España	1:1M/1:200K/1:50K	WMS		
Mapa hidrogeológico de España	1:1M/1:200K	WMS		
Mapa neotectónico de España	1:1M	WMS		
Mapa predictor de riesgo expansividad arcillas	1:1M	WMS		
Proyecto one geology-geological map of Spain	1:1M	WMS		
Catastro		WMS/WFS	Catastro	Economía y Hacienda
Divisiones administrativas de España		WMS/WFS		
Base Cartográfica Numérica (BCN)	1:25K	WMS/WMS		
Base Cartográfica	1:1M	WMS/WMS		
Cartociudad		WMS/WMS/WFS/WPS		
Demografía (Atlas Nacional de España)		WMS		
Histórico del MTN50	1:50K	WMS		
Hojas cartográficas		WMS		
Landsat7 y Spot		WMS		
Mapa ocupación del suelo (Corine LandCover)		WMS	IGN	Fomento
Mapa de suelos de España	1:1M	WMS		
Mapa topográfico nacional (MTN)	1:25K/1:50K	WMS		
Norma de construcción sismorresistente		WMS		
Plan Nacional Ortofotografía Aérea (PNOA)		WMS		
Relieve España		WMS		
MDT de la Península e Islas Baleares (UTM30)		WCS		
MDT Península, Baleares y Canarias (lon/lat)		WCS		
Estaciones de servicio España		WMS	Subsecretar .	Ind., Energ. Comercio
Partidos judiciales de España		WMS	Rel.Admon.	Justicia
IDE Duero		WMS/WFS	Confeder.	Medio Ambiente
Geología CHD		WMS/WFS	Hidrográf.	
Puntos de agua CHD		WMS/WFS	Duero	Rural y
Confederación Hidrográfica Guadalquivir		WMS/WFS/WCS	Conf.Hidro. Guadalquiv	Marino
Confederación Hidrográfica Guadiana		WMS	CH.Guadian	
Confederación Hidrográfica Segura		WMS	CH. Segura	
Comarcas agrarias		WMS		
Comarcas veterinarias		WMS		
Mapa de cultivos (1980/90 y 2000/09)		WMS		
Regadíos		WMS		
Plan de choque		WMS	Dirección General de Servicios	
SIG Parcelas Agrícolas (SIGPAC)		WMS		
SIG Oleícola		Visor		
SIG Datos Agrarios (SIMA)		Visor		
Espacios naturales protegidos (península)		WMS	Medio Nat.	

Mapa forestal de España (MFE50) (península)	WMS	Pol.Forestal	
Cruz roja - red territorial y centros costeros	WMS	Pol.Discapac	
Sistema de información urbana (SIU)	WMS	Urbanismo y Pol.del suelo	Vivienda

**Tabla 1.** Capas de información a nivel nacional (IDE-E, IDEAGE).

Capa		Tipo	Origen	
Callejero Digital de Andalucía		WMS	ICA	Andalucía
Mapa Topográfico Litoral (Raster) (varios años)	1:5K	WMS	ICA	
Mapa Topográfico Andalucía (Raster) (varios años)	1:10K/1:100K/1:400K	WMS	ICA	
Mapa Topográfico Andalucía (Vector) (varios años)	1:10K/1:100K/1:400K	WMS	ICA	
Mosaico de ortoimágenes SPOT (varios años)		WMS	ICA	
Mosaico de ortoimágenes Landsat (varios años)		WMS	ICA	
Ortoimagen QuickBird (varios lugares)		WMS	ICA	
Ortofotografía Digital Color RGB (varios años)		WMS	ICA	
Ortofotografía Digital Color CIR (varios años)		WMS	ICA	
Ortofotografía Digital Pancromática (varios años)		WMS	ICA	
Mapa de cuencas hidrográficas		WMS	ICA	
Mapa de Andalucía 1:50.000 1940-1944		WMS	ICA	
Modelos Digitales del Terreno de Andalucía	1:10K/1:100K	WMS	ICA	
Espacios Productivos		WMS	ICA	
Mapa Geológico		WMS	REDIAM	
Mapa de Edad Geológica		WMS	REDIAM	
Mapa Litológico de Andalucía		WMS	REDIAM	
Mapa Geomorfológico		WMS	REDIAM	
Mapa de Suelos REDIAM		WMS	REDIAM	
Mapa de Capacidad de Uso del Suelo		WMS	REDIAM	
Mapa de Series de Vegetación		WMS	REDIAM	
Mapa de Biodiversidad		WMS	REDIAM	
Mapa de Vegetación Natural		WMS	REDIAM	
Mapa Hidroclimático		WMS	REDIAM	
Mapa de Paisajes		WMS	REDIAM	
Mapa de Humedales: Zonas Húmedas		WMS	REDIAM	
Mapas Guía de Parques y Parajes Naturales		WMS	REDIAM	
Mapas de Carreteras		WMS	REDIAM	
Usos y coberturas vegetales (varios años)	1:25K	WMS	REDIAM	
CORINE Land Cover (varios años)		WMS	REDIAM	
Inventario de árboles y arboledas singulares		WMS	REDIAM	
Mapa de Equipamientos de Uso Público		WMS	REDIAM	
Inventario de Vías Pecuarias de Andalucía.		WMS	REDIAM	
Mapa de los Montes Públicos		WMS	REDIAM	
Zonas ZEPIM, Reservas Biosfera, Geoparques.		WMS	REDIAM	
Patrimonio de la Humanidad de Andalucía.		WMS	REDIAM	
Espacios Naturales Protegidos		WMS	REDIAM	
Cartografía de Vegetación asociada a humedales		WMS	REDIAM	
Mapa de calidad de riberas		WMS	REDIAM	
Mapa de Masas de Agua Superf. y		WMS	REDIAM	

Subterráneas			
Mapa de Permeabilidad de Andalucía		WMS	REDIAM
Mapa de Vulnerabilidad de los Acuíferos		WMS	REDIAM
Mapa de lugares de interés hidrogeológico		WMS	REDIAM
Mapa de humedales RAMSAR e IHA		WMS	REDIAM
Coberturas geográficas vectoriales		WMS	
Ortoimágenes		WMS	SITAR
Mapa Topográfico rasterizado		WMS	Gobierno Aragón
Callejero Digital		WMS	
Distribuidor de Ortofotos	1:2K	WMS	
Límites de Espacios Naturales Protegidos		WMS	
Fincas Registrales		WMS	IDECAN
Lugares de Importancia Comunitaria (LIC)		WMS	Canarias
Mapa de Cultivos		WMS	

**Tabla 2.** Capas de información a nivel autonómico.

Capa		Tipo	Origen			
Mapa de Ocupación de Suelo de Canarias		WMS				
Mapa de Vegetación		WMS				
Mapa Geológico		WMS				
Mapa Topográfico a escala	1:1K/1:5K	WMS	IDECAN			Canarias
Ordenación Espacios Naturales Protegidos		WMS				
Planeamiento urbanístico		WMS				
Mapa Topográfico	1:5K	WMS	IDEE-Cantabria			Cantabria
Mapa Topográfico	1:25K	WMS				
PNOA, Ortofoto	10/50 cm	WMS	IDE	Castilla-La Mancha		Castilla La Mancha
Espacios naturales		WMS				
Usos del Suelo, Corine		WMS				
Cartografía 1:10.000	1:10K/1:50K	WMS				
Corine Land Cover		WMS	SIT	Castilla y León		Castilla y León
Espacios Naturales		WMS				
Mapa regional		WMS				
Orotofoto, PNOA (varios años)		WMS	Inst.Tecn.Agrario			
Mapa 1:25.000	1:25K/1:50K	WMS	ICC			Cataluña
Atlas climático digital		WMS	Un.Autonoma B			
Banco de datos de biodiversidad		WMS				
Depto. Medio Ambiente y Vivienda		WMS				
Vegetación		WMS				
Municipios		WMS				
Hidrografía		WMS				
Embalses		WMS				
Equipamientos Meteorológicos		WMS				
Calidad de aguas superficiales/subterráneas		WMS				Medio Ambiente y Vivienda (SIMA)
Depuradoras		WMS				
Gestores de residuos de la construcción		WMS				
Actividades extractivas		WMS				
Usos del suelo		WMS				
Departamento de Obras Públicas		WMS				Obras Publicas
Imagen Landsat		WMS				
Inventario forestal		WMS				ICC
Límites administrativos		WMS				
Ortofotos	1:5K/1:10K/1:25K	WMS				ICC/UAB
Servicio de Aludes		WMS				ICC

Servidor CREAM (Inv.Ecol. y Aplic.Forestal)		WMS/WCS	CREAF/UAB
Mallas cartográficas.	1:0,5K/1:1K/1:5K/ 1:10K/1:25K/1:50K	WMS/WFS	
Hidrografía		WMS	
Orografía		WMS	
Cobertura tierra: mapas básicos, ortofotos		WMS	
Nombres geográficos		WMS	
Unidades administrativas		WMS	
Direcciones postales		WMS	
Agricultura y ganadería		WMS	IDENA/SITNA Navarra
Medio Ambiente: lugares protegidos, ruidos		WMS	
Biota: biodiversidad y ecología		WMS	
Infraestructuras y dotaciones		WMS	
Población y cultura		WMS	
Turismo		WMS	
Transportes y comunicaciones		WMS	
Salud		WMS	
Seguridad y asistencia		WMS	

**Tabla 2.** Capas de información a nivel autonómico (Continuación)

Capa	Tipo	Origen
Servidor ICV: MDT	WMS	ICV/IDV
Servidor ICV: Ortofotos (varias épocas)	WMS	
Playas	WMS	
Humedales	WMS	
Lics	WMS	
Espacios protegidos	WMS	
Biodiversidad	WMS	
Reservas de fauna	WMS	
Corredor de infraestructuras	WMS	Medio Ambiente, Agua, Comunidad Valenciana
Riesgo de inundaciones (PATRICOVA)	WMS	Urbanismo y Vivienda
P.O.R.N. (espacios naturales)	WMS	
P.R.U.G. (espacios naturales)	WMS	
Cartografía de Residuos	WMS	
Cartografía Temática	WMS	
Producción de materiales forestales	WMS	
Montes gestionados y ordenación forestal	WMS	
Senderos e instalaciones recreativas	WMS	
Mapa base	WMS	
Orto 2007-2010 Orto 2005-2006	WMS	
Corine_Reclasificado	WMS	IDE-Extremadura Extremadura
Geología	WMS	
Áreas protegidas	WMS	
Cartografía básica	WMS/WFS	SITGA/IDEG Galicia
Ortofotos (varias épocas)	WMS	
Bioatlas	WMS	
Fotografía aérea, Ortofoto, Satélite	WMS	
Geociencia	WMS	
Hidrología	WMS	
Límites	WMS	IDEIB Islas Baleares
Modelos digitales del terreno	WMS	
Ortofoto	WMS	
Relieve	WMS	
Mapa Topográfico	1:1K/1:5K	WMS



Topográfico	1:5K/1:25K/1:50K	WMS/WFS		
Ortofoto e Infrarrojo		WMS/WCS		
Medio físico (geología, hidrografía, clima ..)		WMS/WFS		
Cubierta terrestre (Corine, veg., bosques,		WMS/WFS		
Calidad ambiental		WMS/WFS	IDE Rioja	La Rioja
Gestión del territorio		WMS/WFS		
Poblaciones y transportes		WMS/WFS		
Servicios e instalaciones		WMS/WFS		
Unidades administrativas		WMS/WFS		
Municipios (IDE municipales)		WMS/WFS		
Cartografía básica		WMS	Dpto.MedioAmb.	
Ortofotos		WMS	Planif. Agr.Pesca	País Vasco
Cartografía básica	1:5K/1:10K	WMS	SITPA	Principado de Asturias
Ortofotos		WMS		
Ortofotos y Ortoimágenes (varias épocas)		WMS		
Cartografía básica	1:5K	WMS		
Bienes culturales		WMS		
Deslindes de costas		WMS	SIT Murcia	Región de Murcia
Medio ambiente		WMS		
Red de escorrentía y cauces		WMS		
Deslindes DPH		WMS		

**Tabla 2.** Capas de información a nivel autonómico (Continuación)

En España, el RD 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico, establece que la Infraestructura Nacional de Información Geográfica tendrá entre sus contenidos información geográfica de referencia y datos temáticos fundamentales, dentro de los cuales se incluirán los datos relativos a los riesgos naturales y tecnológicos. La muy reciente Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España ratifica la inclusión de las zonas de riesgos naturales y antrópicos como una de las capas integrantes de los datos temáticos fundamentales. A nivel andaluz, el propio Plan Cartográfico de Andalucía (2008), propone la recopilación de datos temáticos de distinta índole, entre los que se incluyen las zonas de riesgo natural, y la elaboración de cartografías temáticas como las de riesgos naturales.

Las IDE se cimienta sobre cuatro pilares básicos que son el marco institucional, los estándares a los que deberá ajustarse la información geográfica, la tecnología y la política de datos que se ha de seguir. A partir de estos pilares, se deriva la necesidad de desarrollar lo que se conocen como las componentes de las IDE: los datos (la información geográfica), los metadatos (información sobre los datos) y los servicios, que representan la gran novedad respecto a la cartografía tradicional, ya que ahora el énfasis debe estar más en los servicios que se ofrecen que en los datos. Los datos pueden ser utilizados de distinta forma, dependiendo de los servicios aplicados.

La más básica es su visualización en las propias herramientas disponibles en los sitios web donde están alojadas; sin, embargo con este sistema no es posible hacer ningún tipo de análisis -salvo el visual- de los datos o a través de globos virtuales como Google Earth. Otro sistema parecido a esta sería la visualización de los datos en Sistemas de Información Geográfica que incorporen la posibilidad de conectarse a servidores WMS (web map services). Hay numerosos software, tanto de carácter libre (GvSIG, Kosmo, etc.), como comercial (ArcGIS a través del módulo ArcIMS) que permiten trabajar de esta manera. En este caso, las posibilidades de análisis de los datos son también muy limitadas, llegando como mucho a la realización de consultas básicas; sin embargo, el disponer de los datos en un SIG ofrece algunas alternativas como la digitalización en pantalla de los datos.

Desde luego, los métodos más interesantes son aquellos que permitan la gestión y análisis de los datos sin muchas restricciones, por ejemplo mediante operaciones de superposición de capas o análisis de vecindad, indispensables para los estudios de riesgos. En este sentido es necesario disponer de sistemas de descarga de datos o, sobre todo, de servicios WFS (web file services) o WCS (web coverage service). Las IDE suele proveer distintas formas de descarga de datos sobre la base de que la información pública deber ser abierta a los usuarios y, ya que estos y sus necesidades son diversos, la forma de descargarlos también lo ha de ser, desde la descarga de datos en formatos pdf o imágenes (JPEG, TIFF, etc.), hasta la descarga de datos en formatos vectoriales (SHP, DXF, DWG, etc.). Desde nuestro punto de vista, se hace necesaria la descarga de datos en formatos con los que sea

posible trabajar, tanto en el modelo vectorial como en raster. Desde el momento de la descarga, la forma de trabajo se convierte en la metodología ya clásica seguida en de los SIG.

Sin embargo, mucho más interesante y en consonancia con el espíritu de las IDE es la utilización de servicios WFS o WCS para datos vectoriales y raster, respectivamente. En este caso, la conexión desde un SIG con estos servicios alojados en sitios web determinados permite trabajar con estas capas de información prácticamente de la misma manera –es decir, con nulas o pocas restricciones- que las capas que están almacenadas físicamente en la memoria del ordenador.

De todo ello se deduce la necesidad de disponer de IDE con servicios web, preferentemente WFS o WMS, o al menos de servicios de descarga de datos, para realizar análisis de riesgos. Esto es lo que se examina en este trabajo., a partir de las distintas IDE y bases de datos disponibles en la red (IDE-E, Catastro, IDE-CCAA, IGME, REDIAM, AEM, INE, etc.).

## CAPAS DE INFORMACIÓN DISPONIBLES

En las tablas 1 y 2 se presentan las capas disponibles en las IDE a nivel nacional y autonómico para la realización de cartografías de riesgos. La mayor parte de ellas están como WMS, por lo que la operabilidad va a ser limitada, aunque a nivel nacional se ofrece un buen número de capas como WFS y WCS. Por lo que respecto a la naturaleza de las capas, en todos los niveles y regiones del territorio se dispone de capas de cartografía básica, así como de ortofotografías y ortoimágenes, siendo la cartografía temática más variable, desde la exhaustividad a nivel nacional y en algunas autonomías, hasta una mayor escasez en otras.

En los siguientes apartados se analiza la información existente para elaborar cartografías de riesgo a nivel de planificación nacional y regional. No se ha entrado en los niveles provinciales y locales, aunque hay que señalar la gran abundancia de datos en algunas provincias y municipios, que permitiría abordar análisis de riesgos a nivel más detallado.

### Susceptibilidad y peligrosidad

La susceptibilidad es el nivel más sencillo dentro de las componentes del riesgo y expresa como se ha dicho anteriormente la probabilidad espacial; concretamente, según Brabb (1984), que la define en el ámbito de los movimientos de ladera, la susceptibilidad es la probabilidad o posibilidad de que suceda un fenómeno de riesgo en una zona específica y en un futuro no determinado en función de la correlación de los factores condicionantes del proceso con la distribución de los eventos pasados.

La simple cartografía de susceptibilidad o incluso de la distribución de los eventos previos o los factores condicionantes o determinantes de un fenómeno, es una herramienta muy eficaz de planificación, puesto que muestran a los planificadores y tomadores de decisiones la ubicación de las zonas en las que ha ocurrido o puede ocurrir (de acuerdo al principio del actualismo) un proceso potencialmente dañino. Es, por lo tanto, un instrumento básico para la ordenación del territorio, como medida pre-desastre y anti-exposición, ya que puede evitar o al menos reducir la ubicación de elementos en riesgo en una zona determinada del territorio.

La susceptibilidad del terreno es muchas veces una de las pocas cosas que se puede modelar en función de los datos existentes, ya que, en general, resulta bastante factible el disponer de evidencias de eventos pasados y de cartografías de los factores condicionantes (geología, clima, biología, hidrografía, etc.). Por el contrario, contar con información temporal no siempre es fácil, especialmente en procesos muy extendidos pero de un bajo impacto individual.

Las técnicas geomáticas son aplicables a todos los niveles y escalas desde el inventario de eventos (topografía clásica y GPS, escáner-laser terrestre, fotogrametría, lidar aerotransportado, teledetección óptica y radar) hasta el uso de Sistemas de Información Geográfica (Chacón e Irigaray, 1999) para la modelización de la susceptibilidad por combinación de mapas de inventario y factores determinantes. En la figura 1 se presenta el flujo de una metodología de susceptibilidad a los movimientos de ladera, con varias fases (Chacón et al., 1992):

- Inventario de fenómenos o procesos.
- Inventario y cartografías de factores
- Análisis de factores determinantes (correlación cruzada entre factores y fenómenos)

- Modelado de la susceptibilidad, por métodos probabilistas, deterministas o basados en la experiencia.
- Validación de los modelos obtenidos por correlación cruzada con muestras distintas a las del análisis.

Las Infraestructuras de Datos Espaciales, como extensión del concepto de SIG a la red y las consecuencias que esto trae en cuanto a disponibilidad de datos, fiabilidad de los mismos e impulso a la compartición y transferencia de la información geográfica, son un aspecto a tener muy en cuenta hoy día en estos análisis. Por último, no se han de olvidar ni infravalorar las técnicas de representación cartográfica (convencionales o más sofisticadas como los modelos realistas en 3D y animaciones) que desempeñan un papel fundamental a la hora de concienciar a la sociedad, planificadores y tomadores de decisiones.

En este sentido, las capas de información necesarias para elaborar mapas de susceptibilidad y peligrosidad son los propios inventarios de fenómenos y en segundo lugar los mapas de factores, en ambos casos, preferentemente con carácter multitemporal que es lo que permitirá la determinación de la peligrosidad.

En la tabla 3 se observa los siguientes tipos de datos útiles para el análisis de susceptibilidad y peligrosidad en los principales fenómenos: riesgo sísmico (más otros fenómenos ligados a la geodinámica interna como los volcanes y tsunamis), movimientos de ladera y otros fenómenos superficiales, erosión y desertificación, inundaciones e intensas precipitaciones, fenómenos climáticos (olas de frío, calor, heladas, precipitaciones, etc.), incendios, riesgos biológicos (plagas y epidemias), riesgos tecnológicos, e impacto ambiental (que aunque no es desde el punto de vista estricto un riesgo, se ha considerado de interés incluirlo aquí).

	Sísmico	M.Lad.	Eros.	Inund.	Climat.	Incend.	Biolog.	Tecnol.	Impact.
MDT	M/C	M/C	M/C	M/C		M/C			M/C
Ortofotos/Imágenes	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Geología/Litología	M	M	M	M		M			M
Geotecnia	M	M	M	M					
Suelos	M	M	M	M		M	M		M
Hidrografía/Hidrología		M	M	M					M
Hidrogeología	M	M	M	M					M
Sismicidad	M								
Parámetros climáticos		M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F
Vegetación		M	M	M	M	M	M		M
Cultivos		M	M	M		M	M		M
Forestal		M	M	M		M	M		M
Usos del suelo/Corine	M	M	M	M		M	M	M	M
Biodiversidad							M		M
Fauna							M		M
Espacios naturales			M			M	M	M	M
Humedales							M		M
Equipamientos natur.			M			M			M
Residuos						M		M	M
Instalac. Indus-Energ.						M		M	M
Cartografía básica *		M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F

M, F y C: Capas disponible como WMS, WFS y WCS. \* Comprende población, comunicaciones, construcciones ....

**Tabla 3.** Capas de información útiles para la susceptibilidad/peligrosidad a distintos fenómenos de riesgo.

A partir de la tabla se observa que hay bastante información disponible en las IDE para la elaboración de mapas de susceptibilidad o zonificación de áreas expuestas a fenómeno. La mayor dificultad estriba en que la mayor parte de los datos están solo disponibles de momento como WMS en las IDE, y tan solo la cartografía básica, los MDT, y en algunos casos las imágenes y otras capas están como WFS o WCS. No obstante, en muchos casos es posible a través de tarifas o de solicitud gratuita de datos para investigación científica la descarga de datos vectoriales, aunque esta forma de trabajar no se encuentre del todo dentro del espíritu IDE.

Los fenómenos de tipo geológico y mixtos (sísmico, movimientos de ladera, erosión e inundaciones) están bastante bien cubiertos ya que la información geológica es bastante extensa y fiable, a lo que se añaden los MDT,

información básica, cobertura vegetal, suelos, y sobre todo las ortofotografías e imágenes de distintas escalas y épocas. En algunos casos, se dispone incluso de cartografías específicas de inventario como la de movimientos de ladera, sismicidad e incluso de susceptibilidad como la de expansividad de arcillas.

Sobre los fenómenos climáticos también hay capas cartográficas disponibles en las IDE (mapas climáticos, hidroclimáticos, mapas de la sequía, de las heladas, etc.), aunque en este caso la información más exhaustiva es la que se encuentra en forma no cartográfica (aunque georreferenciada) en la Agencia Española de Meteorología y en bases de datos ambientales de las distintas CCAA, además de los catálogos de imágenes de satélite.

Los incendios son otro fenómeno que por su relevancia está muy documentado, y para ello hay numerosa información tanto de carácter climático como de la vegetación (coberturas de vegetación, series de vegetación, estado de la vegetación, usos del suelo, cultivos, información forestal, Corine LandCover), además de los catálogos de ortofotografías y ortoimágenes. En este caso, hay IDE de organismos especializados que incorporan cartografías de riesgo (susceptibilidad y peligrosidad).

Finalmente, para los fenómenos biológicos y tecnológicos, así como para el análisis del impacto de los fenómenos sobre los propios elementos del medio natural, se cuenta con información en este caso de distinta extensión y profundidad dependiendo de la región estudiada. Así, para los primeros, se dispone de capas de información sobre vegetación, fauna, biodiversidad, espacios naturales, así como ortofotos e imágenes; para los segundos hay información sobre residuos, instalaciones industriales y energéticas, población e imágenes; para los estudios de impacto, igualmente se dispone de todas las capas de información comentadas en todos los casos anteriores.

Por su parte, la peligrosidad –como se indicó antes- supone la determinación de la probabilidad espacio-temporal, es decir, la probabilidad de que se produzca un fenómeno de una severidad determinada no sólo en el espacio, sino en un tiempo dado, llamado periodo de retorno. La determinación de la peligrosidad se hace bastante acuciante en la sociedad de hoy en día donde prima la actualidad en los medios de comunicación y en la actuación política. Por lo tanto, de cara a una concienciación social y a una llamada de atención a los políticos y tomadores de decisiones, se hace necesario no sólo mostrar donde se pueden producir los fenómenos sino cuándo y con qué frecuencia. Se ha de evitar, no obstante, que la mitigación de peligros con un periodo de retorno elevado sea postergada, especialmente los de alta intensidad.

Para la determinación de la peligrosidad es necesario datar con la mayor exactitud la fecha de ocurrencia o al menos disponer de un cierto conocimiento sobre la frecuencia con que se producen los procesos, o de sus factores activadores o desencadenantes (por ejemplo el conocimiento de la frecuencia de eventos lluviosos por encima de una intensidad determinada puede llevar a conocer la frecuencia de activación de movimientos de ladera). Las técnicas de datación pueden basarse en registros históricos –sólo disponibles para eventos catastróficos-, observaciones de campo (morfología del terreno, indicios geológicos, etc.), isótopos radiactivos, o, de forma más limitada en el tiempo, fotografía (aérea y terrestre) histórica e imágenes de satélite. A partir de estos estudios es posible determinar el periodo de retorno de un evento de una determinada intensidad y en consecuencia la probabilidad anual o en una serie de años (Olcina y Ayala, 2002). En este sentido, resulta bastante útil contar con escalas cuantitativas para medir la intensidad, como en el caso del riesgo sísmico (Mercalli o MKS).

Puesto que la peligrosidad tiene una distribución espacial, se puede expresar cartográficamente en mapas de peligrosidad anual o de peligrosidad en distintos periodos de retorno (por ejemplo, 30 años). Nuevamente, las técnicas geomáticas son absolutamente cruciales (Jorge, 2002), desde la fase de inventario al análisis y presentación de los resultados.

En las IDE, la información al respecto se basa en los registros históricos como los de sismicidad (varios siglos) o de parámetros climáticos (último siglo), así como las series históricas de cartografías como la 1:50K del IGN, que proporciona datos de gran validez. De gran interés son las series de fotografía aérea (ortofotos) que algunos casos están disponibles en las IDE desde el vuelo americano de 1956, aunque la mayor parte de las imágenes sean de la última década. Lo mismo sucede con las imágenes de satélite, con un buen registro, aunque solo disponibles en los últimos 20 años en la mayoría de los casos.

### **Exposición de los elementos en riesgo**

La exposición presenta dos vertientes, la primera derivada de la propia localización de elementos en riesgo en zonas de alta susceptibilidad o peligrosidad; la segunda, de la valoración de estos elementos (Varnes, 1978). Una

completa localización y valoración de los elementos en riesgo es realmente importante a la hora de la concienciación, pues se ponen de manifiesto y se cuantifican los elementos que afectados por un peligro.

La exposición de los elementos en riesgo a las zonas de peligrosidad es bastante sencilla de determinar con técnicas cartográficas y SIG, a partir de los cruces entre las distintas capas de información. Los elementos en riesgo están presentes en las cartografías generales (vías de comunicación, población, construcciones, edificaciones, elementos culturales, usos del suelo, etc.) y temáticas (cultivos y aprovechamientos, inventario forestal, minería, lugares de interés turístico, histórico o ecológico, población, etc.). En este sentido, la cartografía catastral y las cartografías agrarias y ambientales contienen información de interés.

La valoración de los elementos es el segundo paso para determinar esta componente del riesgo (Olcina y Ayala, 2002); por un lado está la valoración social, que se determina de forma directa como el número de personas expuestas al riesgo; por otro lado, está la valoración ambiental, la cual es posible estimar a partir de inventarios y cartografías ambientales (vegetación, fauna, geología y geomorfología, hidrología, etc.); y, por último, englobando –no obviando- a las anteriores se encuentra la valoración económica, que se puede estimar a partir de distintas fuentes. Así, la valoración agraria –realizada por el Ministerio de Agricultura- se ocupa de los cultivos y aprovechamientos; los datos de construcción de obras civiles de distintas administraciones, permiten valorar estos elementos; los estudios de mercado inmobiliario, del suelo y las edificaciones; y los datos de compañías aseguradoras, de la estimación de los daños en bienes personales y de las propias personas.

Es en esta línea, donde la cartografía catastral y la valoración correspondiente pueden constituirse en una herramienta de primer orden para la estimación cuantitativa de los elementos en riesgo y, en consecuencia, del propio riesgo. La valoración catastral, tanto rústica como urbana, presenta un gran detalle, lo que permite su empleo en escalas grandes (mapas de riesgos en núcleos urbanos y municipios), aunque también en escalas más reducidas y zonas más amplias, mediante generalización. Además, abarca un gran número de elementos del territorio (todos los bienes inmuebles públicos y privados, rústicos y urbanos), aun cuando no alcanza con igual detalle a otros elementos como las obras civiles, que, no obstante, aparecen registrados en el Catastro. Otra limitación importante es la ausencia de la valoración de los bienes muebles privados o los equipamientos públicos, que igualmente hay que deducir de otras fuentes.

No obstante, en la mayor parte de los casos de cartografías de riesgo, no se requiere un inventario tan detallado como el catastro y la valoración se debe plantear a partir de datos más generales como por ejemplo las de los mapas de cultivos y aprovechamientos junto a estadísticas como las de Instituto Nacional de Estadística, en el caso de rústica, o a datos del ministerio de vivienda y del propio INE en el caso de urbana.

Capas	Sísmico	M.Lad.	Eros.	Inund.	Climat.	Incend.	Biolog.	Tecnol.	Impact.
Ortofotos/Imágenes	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Vegetación	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Cultivos	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Datos agrarios	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F
SIGPAC, SIGA	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Forestal	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Usos del suelo/Corine	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Espacios naturales	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Equipamientos nat.	M	M	M	M		M			
Instalac. Indus-Energ.	M	M	M	M		M			
Cartografía básica	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F
Datos de población	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	
Catastro	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F

M, F y C: Capas disponible como WMS, WFS y WCS, respectivamente.

**Tabla 4.** Capas de información útiles para exposición de elementos en riesgo.

En las IDE, la información es más reducida que la de factores, pero también es abundante y variada. Los datos sobre la población –que resulta afectada prácticamente por todos los tipos de fenómenos de riesgo- se encuentran en las capas disponibles cartografía general combinada con datos estadísticos del INE e instituto regionales (tabla

4); los datos catastrales junto con los de registro de la propiedad, censos y padrones, también proporcionan datos a escalas más detalladas. Por su parte, los datos de bienes inmuebles urbanos (no afectados por todos los riesgos) se pueden extraer de las mismas fuentes que antes, mientras que los de bienes inmuebles rústicos pueden obtenerse desde capas de información sobre vegetación, cultivos y forestales, combinados con estadísticas agrarias, o, con carácter más detallado, a partir del catastro de rústica. La ventaja es que en este caso buena parte de la información está en servicios WFS o son estadísticas descargables de otros servicios web.

## Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es el grado de pérdidas esperables por un fenómeno de una determinada intensidad o severidad (Varnes, 1978). Su determinación es necesaria para matizar a los factores anteriores, ya que un peligro puede afectar de distinta manera –e incluso no afectar- a los elementos en riesgo.

La vulnerabilidad ha de ser valorada por especialistas en las construcciones o explotaciones (ingenieros y arquitectos), pero también pueden intervenir especialistas del campo de la salud, el patrimonio, etc. En este sentido es quizá el factor del análisis de riesgos que presenta mayores carencias, ya que no se dispone de estudios ni de datos fiables o extendidos, con la notable excepción de la norma sismorresistente (Martín, 2002). La forma de incorporar los datos de vulnerabilidad es a través de una capa de información cuantitativa en una escala 0-1 para cada tipo de fenómeno e intensidad del mismo.

Capas	Sísmico	M.Lad.	Eros.	Inund.	Climat.	Incend.	Biolog.	Tecnol.	Impact.
Ortofotos/Imágenes	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Suelos		M	M	M		M	M	M	M
Hidrografía/Hidrología		M	M	M		M	M	M	M
Hidrogeología	M	M	M	M		M	M	M	M
Norma Sismorresist.	M								
Vegetación		M	M	M	M	M	M	M	M
Cultivos		M	M	M	M	M	M	M	M
Datos agrarios		M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F
Forestal		M	M	M	M	M	M	M	M
Usos del suelo/Corine	M	M	M	M		M	M	M	M
Biodiversidad	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Fauna	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Espacios naturales	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Humedales	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Equipamientos natur.	M	M	M	M		M			M
Instalac. Indus-Energ.	M	M	M	M		M		M	M
Cartografía general	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F
Datos de población	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F	M/F

M, F y C: Capas disponible como WMS, WFS y WCS, respectivamente.

**Tabla 5.** Capas de información útiles para vulnerabilidad de los elementos en riesgo.

En las IDE, la información disponible permite la estimación por parte de expertos la vulnerabilidad de los distintos elementos en riesgo afectados por los procesos o fenómenos de riesgo. En algún caso, hay información de especial interés como la norma sismorresistente que permite estimar la vulnerabilidad de las edificaciones y construcciones a los eventos sísmicos de una determinada intensidad (tabla 5). La mayor parte de la información está en servicios WMS, salvo las capas de información básica en WFS, y los datos de población y agrarios en bases de datos georreferenciables.

## Riesgo

El riesgo se define como la sumatoria de los productos de la peligrosidad, exposición-valoración y vulnerabilidad calculados para cada uno de los elementos en riesgo, afectados por un peligro en una zona determinada. Si en la

zona intervienen más de un proceso de riesgo o peligro, se sumaran a su vez los resultados obtenidos para el riesgo unitario en cada uno de ellos.

La obtención del riesgo a partir de sus factores es un caso típico de superposición de capas, que se lleva a cabo en Sistemas de Información Geográfica, una vez que se han modelado previamente dichos factores. La forma de proceder es determinar la peligrosidad media para cada uno de los elementos en riesgo y, a continuación, multiplicar por la vulnerabilidad y la valoración de la exposición al riesgo. De esta manera, se obtienen los riesgos específicos, que sumados dan lugar al riesgo total. En la se incluyen los datos de riesgo específico.

## CONCLUSIONES

El análisis de riesgos naturales se basa en la superposición de capas de información de distinta procedencia que dan lugar a mapas o modelos de distinto nivel. Hasta ahora esta superposición se venía haciendo en entonr SIG, con datos almacenados físicamente en la memoria de un ordenador. La aparición de las IDE, prácticamente en la última década, ha supuesto un cambio de paradigma en la Cartografía, cobrando gran importancia el concepto de información compartida, para lo cual es necesario el establecimiento de políticas y acuerdos institucionales y el desarrollo de tecnologías y estándares que faciliten el intercambio de datos; al mismo tiempo, el énfasis ha pasado de los datos a los servicios que proporcionan las IDE.

Existen ya, en este sentido, acuerdos y políticas a nivel mundial y europeo (INSPIRE), siendo España uno de los países donde se ha alcanzado un notable desarrollo de las IDE, tanto a nivel nacional (IDE-E e IDEAGE), como a nivel autonómico y local, lo que permite disponer de datos suficientes para abordar estudios como los de riesgos naturales, en los que se precisa de información abundante, diversa y con ciertas garantías de calidad, que vienen asegurados por otra de las componentes nucleares de las IDE, los metadatos. En España se dispone de una gran cantidad de capas de información disponible, relativas a cartografía básica, modelos digitales del terreno, imágenes de satélite y ortofotografías y diferentes informaciones temáticas.

Sin embargo, la mayor parte de la información se encuentra actualmente disponible a través de los servicios más básicos que son los WMS (servidores de mapas) que permiten principalmente la visualización y consultas sencillas de la información. Sería necesario, pues, que la información estuviera disponible mayoritariamente en servicios WFS (servidores de archivos) y WCS (servidores de coberturas), para que fuera posible trabajar sin restricciones con la información pública en análisis como los de riesgos naturales, sin necesidad de descargarla en los ordenadores, de solicitarla con fines de investigación a las instituciones o en algunos casos de adquirirla a través de tasas. No obstante, el propio acceso a la información, aunque sea a través de servicios WMS, ya se puede considerar bastante positiva.

Otra de las líneas a seguir hacia el futuro es la disponibilidad de información actualizada e histórica que permita abordar estos estudios con perspectiva temporal, además de la espacial. Un último paso evidente en relación con estos estudios en el espíritu de las IDE, es la publicación de los resultados de los análisis en la red y su inclusión en las IDE, como capas de información en permanente actualización y revisión.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está siendo financiado mediante el proyecto CGL2005-03332 del Plan Nacional de I+D+I, el proyecto de excelencia P06-RNM-02125 de la Junta de Andalucía y los Grupos TEP-213 y RNM 221 del Plan Andaluz de Investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcázar, M. (2007). Catastro inmobiliario. Servicio de Publicaciones Caja Rural de Jaén. 535 p.
- Ayala, F.J. (1988). Introducción a los riesgos geológicos. En: Riesgos geológicos, Ayala, Duran y Peinado, eds., 3-20, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, España.
- Ayala, F.J. (2000). La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos. Boletín AEG, 30, 37-49.
- Ayala, F.J. (2002). Introducción al análisis y gestión de riesgos. En: Riesgos naturales, Ayala y Olcina eds., 133-144, Ariel, Barcelona, España.
- Ayala, F.J.; Olcina, J. y Vilaplana, J.M. (2004). Impacto social y económico de los riesgos naturales en España en 1990/2000. Inforriesgos, Gob.España. [http://www.inforriesgos.es/ficheros\\_comunes/documentos/04.pdf](http://www.inforriesgos.es/ficheros_comunes/documentos/04.pdf).
- Chacón, J.; Irigaray, C. y Fernández, T. (1992). Metodología para la cartografía regional de movimientos de ladera y riesgos asociados mediante un Sistema de Información Geográfica. III Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables. Vol. I, 121-133. La Coruña, 1992.
- Chacón, J. e Irigaray, C. (1999). Previsión espacial de movimientos de ladera y riesgos asociados mediante SIG. En: Los sistemas de Información Geográfica en los Riesgos Naturales y en el Medio Ambiente, Laín, L. (ed.), 113-123, Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- Directorio de servicios de la IDEE. [http://www.idee.es/CatalogoServicios/CatServ/directorio\\_servicios.html](http://www.idee.es/CatalogoServicios/CatServ/directorio_servicios.html)
- EIRD, Estrategia Internacional para Reducción de Catástrofes (2005). Marco de Acción de Hyogo para 2005-2005: Aumento de la Resiliencia de las Naciones y Comunidades ante los desastres. Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres, Kobe, Hyogo, Japón.
- García, A. (1988). Prevención de terremotos y diseño antisísmico. En: Riesgos geológicos, Ayala, Duran y Peinado, eds., 109-114, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, España
- González de Vallejo, L. (1988). La importancia socioeconómica de los riesgos geológicos en España. En: Riesgos geológicos, Ayala, Duran y Peinado, eds., 21-36, Inst. Geol.y Minero de España, Madrid, España.
- González, J.L. (2009). Situación actual de los riesgos naturales en la planificación del territorio. En: Mapas de riesgos naturales en la ordenación territorial y urbanística, J.L. González, ed., 13-24, Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, Madrid, España.
- Infraestructura de datos de Andalucía, IDE-A. <http://www.ideandalucia.es/>
- Infraestructura de datos de España, IDE-E. [http://www.idee.es/show.do?to=pideep\\_pidee.ES](http://www.idee.es/show.do?to=pideep_pidee.ES)
- Jorge, J. (2002). Teledetección y riesgos naturales. En: Riesgos naturales, Ayala y Olcina eds., 195-209, Ariel, Barcelona, España.



Laín, L. (1999), ed. Los sistemas de Información Geográfica en los Riesgos Naturales y en el Medio Ambiente. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 227pp.

Martín, A.J. (2002). Elementos de vulnerabilidad sísmica y norma sismorresistente. En: Riesgos naturales, Ayala y Olcina eds., 329-338, Ariel, Barcelona, España.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2007). Guía Metodológica para el Ordenamiento Territorial y Gestión de Riesgos para Municipios y Regiones, 134 p. Lima, Perú.

Olcina y Ayala (2002). Riesgos naturales. Conceptos generales y clasificación. En: Riesgos naturales, Ayala y Olcina eds., 41-70, Ariel, Barcelona, España.

Olcina, J. (2002). Riesgos naturales y ordenación territorial. En: Riesgos naturales, Ayala y Olcina eds., 1235-1305, Ariel, Barcelona, España.

Red de Información Ambiental de Andalucía, REDIAM.

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/rediam/>